

생태계 내에서의 흰개미의 역할

박 현 철

(동아대학교 농업자원연구소)

The Role of Termites in an Ecosystem

Park, Hyeon-Cheal

(Institute of Agricultural resources, Dong-A University, Busan 604-714, Korea)

일반적으로 생태계 내에서의 영양물질 순환은 식물, 토양 그리고 분해자와 밀접한 관계를 가지고 있으며, 대부분의 식물이 필요로 한 영양물질은 토양동물이나 미생물과 같은 분해자의 분해 활동에 전적으로 의존하고 있다. 열대, 아열대, 온대 지방의 생태계의 경우 영양물질의 순환에 토양동물과 같은 분해자의 역할이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 이에 반해, 이들 분해자의 서식밀도가 낮은 사바나, 초원 및 사막 등의 건조한 지역의 경우에는 영양물질의 분해 및 이에 따른 영양물질의 순환에 있어서 사회성 곤충인 흰개미의 역할이 상대적으로 큰 것으로 알려져 있다. 한 예로 Silva 등의 연구에 따르면 미국 내 Chihuahuan 사막에서 서식하고 있는 *Gnathamitermes tubiformans*의 경우 1차 생산물의 50% 정도를 소비하고 있는 것으로 조사되었으며 (Silva et al. 1985), Schaefer와 Whitford (1981)는 같은 지역에서 이들 흰개미에 의해 순환되고 있는 영양물질의 함량을 조사한 결과, 흰개미에 의해 순환되고 있는 질소, 인 및 황은 전체 순환량의 14% 내지 20%에 달한다고 보고하였다. 이외에도 여러 학자들에 의해 흰개미가 토양 내 영양물질함량의 변화 및 토양의 물리적, 화학적 성질에도 직접, 간접적으로 영향을 주고 있는 것으로 밝혀지고 있어 흰개미의 생태학적 가치는 매우 높다고 할 수 있다.

그러나, 일반적으로 위에서 언급한 흰개미의 생

태학적 중요성에도 불구하고 오랜 기간동안 해충으로 간주되고 있는데, 이는 흰개미 종의 일부가 목재, 전신주, 다리 등의 목구조물과 농작물에 피해를 주고 있기 때문이다. 생태학적 중요성 측면에서 혹은 해충방제의 측면에서 세계 각 국에서는 오랜기간동안 흰개미에 대한 다방면의 연구가 진행되어져 오고 있다. 이에 반해, 국내에서의 흰개미에 대한 연구는 전무한 실정에 있으며, 심지어 분류학적 연구조차 제대로 이루어지지 않고 있다. 학문적인 측면에서 뿐만 아니라, 전 세계의 생물다양성 보존에 동참하기 위해서라도 흰개미에 대한 분류체계를 세워 이들 흰개미의 생태와 그 유용성을 연구해야 할 것이다. 이를 위해 외국에서는 이미 친숙한 곤충으로 알려져 있으며 오랜기간동안 연구된 결과들을 바탕으로 국내에서는 생소한 곤충인 흰개미의 특성, 생태계 내에서의 흰개미의 역할 및 해충으로서의 흰개미의 피해 등을 중심으로 소개하고자 한다.

1. 흰개미란

흰개미목 (Isoptera)에 속하는 흰개미 (Termites)는 그 외부형태, 색깔 및 서식습성이 일반 개미와 흡사하여 오랜기간동안 흰개미 (White ants)란 이름으로 불려졌으나, 오히려 여러 측면에서 바퀴목 (Blattaria)과 유사한 특징을 지니고 있다. 실제로,

일반 개미와 형태 및 그 크기가 비슷하기는 하나 외부형태는 크게 다른데, 일반 개미가 가슴과 복부 사이에 가는 허리를 가지고 있는데 비해 흰개미는 가슴에 광범위하게 연결된 복부를 가지고 있으며, 일반 개미의 생식형개미의 경우 앞날개와 뒷날개 보다 긴데 비해 흰개미의 앞날개와 뒷날개의 길이는 같다. 전 세계적으로 대략 2300여 종이 보고된 흰개미는 사회적 곤충으로서 일반 개미나 벌과 같이 여왕개미 (Queen), 왕개미 (King), 생

식형 개미 (Reproductive), 병정개미 (Soldier), 일개미 (worker) 등의 독특한 계급 사회를 구성하고 있으며(Watson and Gay 1991) 다른 곤충과는 달리 종에 따라 독특한 변태양상을 보이고 있다 (Fig. 1). 일반적으로 알에서 부화된 약충 (Nymph)은 4회 내지 7회의 변태를 거쳐 휴면기간이나 변태기간 없이 바로 생식형개미, 병정개미 혹은 일개미로 성숙한다.

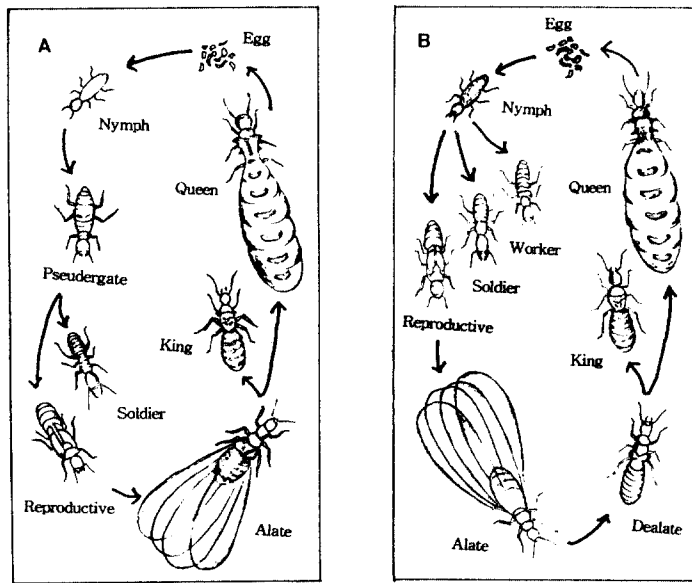


Fig. 1. Key to termite life cycle. A : Primitive termites (Mastotermitidae, Kalotermitidae, Termopsidae), B : More recent termites (Rhinotermitidae, Termitidae)

짝짓기 시기가 되면 생식형개미에서 분화된 여왕개미와 왕개미는 각각 날개를 달고 (Alate) 날아올라 새로운 Colony를 형성하기에 적당한 지역을 찾은 후 날개를 떼고(De-alate), 암수 한 쌍이 협동하여 흙을 파거나 나무속에서 짝을 지은 다음 새로운 Colony를 형성하고 여왕개미는 알을 산란하기 시작하며, 알에서 새로 부화된 일개미에 의해 개미집이 완성된다 (Fig. 2).

여왕개미의 경우, 일단 알에서 부화된 일개미에 의해 개미집이 형성되기 시작하면, 복부가 팽창되고 발달하여 (Fig. 3) 이 시기 이후부터는 이동도 하지 못하고 먹이조차 일개미가 먹여 주는 먹이에

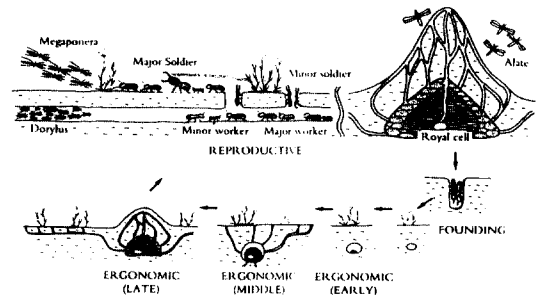


Fig. 2. Schematic representation of the colony development and feeding activities of a termite species, *Macrotermes michaelseni* (Source : Abe and Darlington 1985).

만 의존한 채 왕개미에 의해 Royal cell 이라 불리는 방에 갇혀 일생동안 산란에만 전념하게 된다. 일반적으로 종에 따라 그리고 여왕개미의 연령에 따라 차이는 있으나, 한 마리의 여왕개미의 산란수는 매일 1,000개 이상의 알을 산란할 수 있는 것으로 알려져 있다. *Nasutitermes exitiosus*의 경우, 여왕개미가 20년 이상 생존한 것으로 조사되었으며, 이 여왕개미에 의한 산란 수를 추정하였을 때 일생동안 이 여왕개미에 의해 산란된 알의 수는 대략적으로도 7,300,000개에 달한다고 할 수 있다. 일반적으로 다른 곤충과 마찬가지로 흰개미는 그 외부형태로서 분류를 하고 있는데, 특히 병정개미의 경우, 독특한 형태의 입구조를 가지고 있어 이를 분류에 많이 이용하고 있다. 이는 종에 따라 큰턱이 퇴화된 침비형 입구조 (Nasute type)를 가지고 있거나, 큰 턱이 잘 발달된 입구조 (Mandibulate type)를 가지고 있기 때문이다 (Fig. 4).



Fig. 3. Queen termite with a distended abdomen (Illustrated by Ms J. H. Yang).

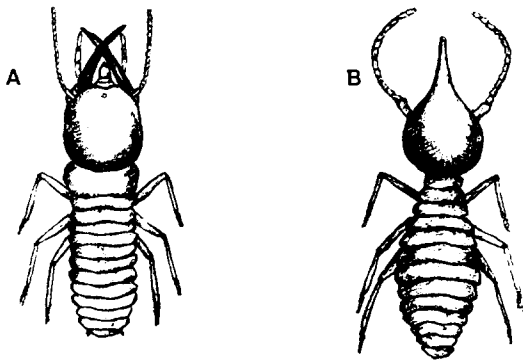


Fig. 4. Soldier termites (Illustrated by Ms J. H. Yang). A : Mandibulate type, B : Nasute type

Colony의 형성에 있어서, 일단 여왕개미에 의해 새로 형성된 Colony가 일개미에 의해 완전한 크기로 완성되기까지는 종에 따라 그리고 지역이나

먹이 및 기후 조건에 따라 다르나, 일반적으로 수년에서 수십년이 소요되는 것으로 알려져 있으며, 서부 호주에 서식하고 있는 *Drepanotermes tamminensis*의 경우에는 대략 30여년이 소요되는 것으로 알려져 있다 (Park 1993, Park et al. 1993, 1994). 개미집의 형태 또한 다양하여 땅위에 개미집을 짓거나 (Ground nest, Fig. 5a), 땅속 지하부에 짓든지 (Subterranean nest) 혹은 나무위에 (Aerial nest, Fig. 5b) 집을 짓는다. 개미집의 모양이나 크기는 종에 따라 다양하며, 호주의 북쪽지방에서 서식하고 있는 *Nasutitermes triodiae*의 경우 개미집의 크기가 땅위에서 대략 6-7m에 달하기도 한다.

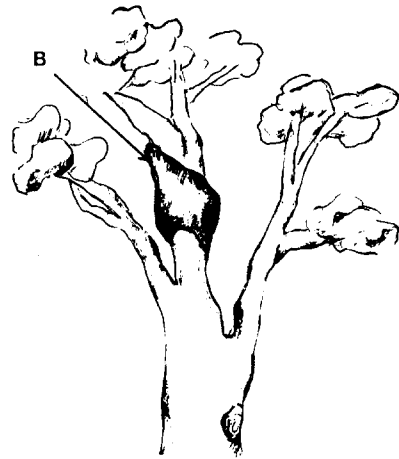


Fig. 5. Termite mounds (Illustrated by Ms J. H. Yang). A : Ground mound, B : Arboreal nest.

흰개미의 먹이 또한 종에 따라 다양하여 주로 낙엽, 줄기, 가지와 같은 나무의 죽은 조직이나 건초와 같은 것을 수확하지만 일부 흰개미 종의 경

우 살아있는 식물의 뿌리를 가해하거나 초식 동물의 배설물 혹은 유기물함량이 높은 토양을 섭식하기도 하며, *Macrotermes subhyalinus*와 같은 흰개미는 특정 식물의 잎을 수확하여 개미집내로 가져와 곱팡이를 배양하여 이를 먹이로 삼고 있는 종도 있다. 이상과 같은 흰개미의 먹이 섭식활동으로 인해 일부 흰개미 종의 경우 목조건축물에 심각한 피해를 주고 있어 중요해충으로 간주되기도 한다 (Park 1993, Park *et al.* 1993, 1994a, 1994b).

2. 생태계 내에서의 흰개미의 역할

생태계내에서의 흰개미의 역할은 크게 세부분으로 요약할 수 있는 데, 흰개미의 서식밀도, 수확활동, 먹이선택 및 소비량에 따라 달라지기는 하나, 일반적으로 흰개미는 한 생태계에서 순환되고 있는 전체 에너지의 일부를 변환시킨다는 것이다 (Wood and Sands 1978). 이를 규명하고자 미국 New Mexico주의 Chihuahuan 사막에서 여러 연구자들에 의해 많은 연구가 진행되었으며 (Johnson & Whitford 1975, Schaefer & Whitford 1981, Silva *et al.* 1985), 이들 연구결과에 의하면, 조사지역내에서 우점종 흰개미인 *Gnathamitermes tubiformans*의 경우 생태계내에서 순환되는 영양물질의 51.5%를 분해하고 있으나, 동일지역내 토양동물과 같은 분해자의 역할은 미미한 것으로 조사되어 영양물질의 순환에 있어서 흰개미는 매우 중요한 역할을 하고 있는 것으로 보고하였다. 이외에도 여러 연구의 결과들로부터 흰개미는 생태계내에서의 영양물질 순환에 끊임없이 영향을 주고 있는 것으로 밝혀지고 있다 (Matsumoto & Abe 1979, Arshad 1981, 1982, Abe 1982, Ezenwa 1985, Okwakol 1987, Darlington 1990, Park 1993, Park *et al.* 1996).

두번째로, 흰개미는 개미집을 형성하면서 혹은 먹이를 수확하면서 토양의 물리적성질이나 화학적성질을 변화시키며, 이로 인해 식물의 근집형성과 같은 물리적, 화학적으로 생태계에 끊임없이 영향을 주고 있다는 점이다. 흰개미의 이상과 같은 생물학적 활동으로 인한 토양의 물리적, 화학적 성질의 변화에 대해서도 많은 연구 결과가 보고되고 있는데, 일반적으로 흰개미에 의한 토양성

질의 변화는 개미집내부의 통로나 공간을 형성하기 위해 지하부의 토양을 지표면으로 운반하면서 시작되는 것으로 알려졌다. Lee와 Wood (1971)에 의하면 이렇게 흰개미에 의해 운반되어 흰개미집을 형성하기 위해 사용된 토양의 양은 아프리카에서 서식하고 있는 *Macrotermes* 속의 경우 1ha 당 1~24 x 105 kg에 달하며, 이는 1ha 내 지표면에서 20cm 깊이까지의 토양의 양에 해당된다고 보고하였다.

이렇게 형성된 흰개미집의 토양내 함유된 영양분은 개미집이 여러 요인에 의해 침식됨으로서 다시 생태계로 환원되게 되는데, 견고한 개미집의 독특한 구조로 인해 종에 따라 차이는 있으나, 대체로 흰개미집의 침식은 수년에서 수십년이 소요되는 것으로 알려져 있다. Pomeroy (1976)는 아프리카 우간다에서 *Macrotermes bellicosus* 집의 침식율을 조사한 결과, 흰개미집의 침식율은 1ha 당 연평균 1.3m³에 달하며, 이는 생태계내에서 매년 0.13mm 깊이로 토양이 침식되는 양에 해당된다고 보고하였으며, 하나의 개미집이 완전히 침식되어 없어지는데는 대략 40~50년이 소요되는 것으로 추정하였다.

또한, 개미집내 토양은 흰개미의 수확활동이나 기타 생물학적 활동으로 인하여 끊임없이 물리적, 화학적으로 그 성질이 변하며, 영양물질의 종류에 따라 그 축적 농도가 지속적으로 증가하고 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구자에 의해 서부 호주에서 *Drepanotermes tamminensis*의 개미집내 토양과 개미집 주변 토양내 함유된 영양물질을 비교 분석하여 이들 흰개미에 의한 물리적, 화학적 토양성질의 변화를 조사하였으며, 그 일부 결과들을 소개하자면, 토양 산도의 경우 주변 토양보다 개미집내의 토양산도는 낮았으며, 영양물질의 종류에 따라 차이는 있으나, 개미집 내 토양에 함유된 영양물질의 함량은 주변 토양 내 영양물질의 함량보다 2배 내지 7배에 달하였다 (Table 1).

이와 같이 개미집내에 고농도의 영양물질이 함유됨으로서 Milne (1947)과 Watson (1977)은 흰개미집의 농작물에 대한 비료로서의 사용 가능성을 시사하기도 하였다. 이상의 결과에서 알 수 있듯이, 흰개미는 끊임없이 토양의 성질을 변화시키고 있으며, 이에 따라 개미집의 토양에 영양 물질

Table 1. Comparison in the soil pH and nutrient concentration between the nested and surrounding soil within native woodland and shrubland in the Western Australian wheatbelt ecosystem (Source : Park 1993).

	Shrubland			Woodland		
	On-mound	Off-mound		On-mound	Off-mound	
		1m	5m		1m	5m
pH	5.18a	5.31b	5.55b	4.67a	5.61b	6.03c
Carbon(%)	2.66a	0.90b	0.68b	3.17a	1.44b	1.67b
N-NO ₃ (ppm)	7.70a	14.60b	1.47c	13.60a	14.60a	1.90b
N-NH ₄ (ppm)	20.00a	12.10b	5.10c	20.00a	10.20b	4.10c
P(ppm)	3.70a	4.80a	5.40a	12.00a	8.90a	4.80b
K(ppm)	117.7a	64.6b	52.6b	218.2a	130.2b	116.7b

이 지속적으로 축적되고 있다. 이들 흰개미에 의해 축적된 토양 내 영양물질이 생태계로 환원되는 데는 개미집의 붕괴나 자연적인 침식작용이 큰 몫을 하고 있으나, 개미집의 붕괴나 자연적인 침식작용은 장기간의 시간이 요구된다. 그러나, 시간이 오래 걸리기는 하나 전체 생태계 내에서의 영양물질의 순환에 있어서 개미집은 영양물질의 저장창고로서 중요한 부분을 차지하고 있음에는 틀림없다.

마지막으로서, 다른 생물과의 관계를 들 수 있다. 흰개미의 생태계 내 영양물질의 순환에 대한 기여는 다른 생물과의 직접 혹은 간접적인 관계에 있다. 이는 흰개미를 직접 섭식하는 많은 포식자에 의해 흰개미 체내에 축적된 많은 양의 영양물질이 생태계로 환원되고 있기 때문이다. 흰개미집의 외부침입에 대한 방어적인 구조로 인해 생태계로 환원되는 영양 물질은 흰개미들이 먹이 수확이나 짝을 짓기 위해 개미집 밖으로 나오는 시기에 포식자에 의해 대부분 순환된다. 그러나, 수확활동의 경우 낙엽이나 기타 은신물에 의해 가려져 있고, 또한 병정개미에 의해 철저히 보호를 받고 있어 대형동물이 아닌 경우 흰개미의 포획량은 그렇게 많지 않다. 포식자에 의한 흰개미의 포획에 따른 영양물질의 순환은 흰개미의 짝짓기 시기에 그 절정에 달하여 많은 양의 영양물질이 직접 생태계에서 순환되고 있다.

생태계내에서 흰개미를 먹이로 삼고 있는 포식자의 종류는 다양하여, 척추동물 중에서 고슴도치, 개미핥기와 같은 흰개미를 주식으로 하는 포유동

물과 침팬지나 심지어 여우와 같은 포유동물 및 파충류, 양서류, 조류 등이 있으며, 무척추동물 중에서는 거미류나 전갈 및 개미, 등애와 벌과 같은 곤충 등이 있으며, 심지어 사람의 경우에도 흰개미를 섭취하고 있는데 아프리카나 호주 및 열대지방의 일부 종족의 경우 매년 흰개미의 짝짓기 시기에 날개를 단 생식형개미를 단백질원으로 섭취하고 있다.

이처럼 다양한 포식자에 의해 생태계로 순환되는 영양물질의 양은 흰개미의 구성 계급인 생식형개미의 구성 비율 (1 ~ 15%) 에 따라 차이가 나나, 일반적으로 여러 포식자에 의해 순환되는 영양물질의 양은 전체 Colony 내 흰개미 체내에 함유된 영양물질의 15%에 달하는 것으로 조사되었다. 이는 짝을 짓기 위해 개미집 밖으로 나온 생식형개미가 짝을 짓기도 전에 여러 포식자들에 의해 포획되는 개체가 99.5%에 달하고 다행히 살아남아 실제 짝을 지어 새로운 Colony를 형성하는 생식형개미는 불과 전체 생식형개미의 0.5%에 불과하기 때문이다. Figure 6은 위에서 언급한 내용을 토대로 생태계내에서 흰개미를 중심으로 한 영양물질의 순환을 모식화한 것으로서 생태계 내에서의 흰개미의 역할을 잘 설명해 주고 있다.

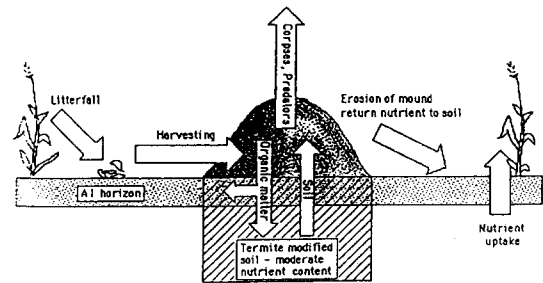


Fig. 6. Schematic diagram showing the role of a termite, *Drepanotermes tamminensis*, in nutrient cycling within an ecosystem. Organic matter from litter which has been harvested is concentrated in the mounds and nutrients are returned to the ecosystem via corpses and predators, as well as by the eventual erosion of the mounds (Source : Park 1993).

3. 해충으로서의 흰개미

위에서 언급한 흰개미의 생태학적 중요성에도 불구하고, 오랜기간동안 흰개미는 해충으로서 인식되어 왔다. 이는, 전세계적으로 벌목한 나무나 가옥내부의 목재, 전신주, 목조다리, 철도 침목 등의 목조구조물에 대한 피해 (Froggatt 1898, Hill 1921, Hegg 1922, MacGregor 1950, Sands 1965, Hardington 1987)와 작물뿌리 등의 농작물에 대한 피해 (Kemp 1955, Sands 1961, Bouillon 1970)가 보고되었기 때문이며, 국내의 경우에도 한일합방 시기에 철도침목에 대한 피해가 보고되기 시작한 후 고궁이나 가옥내부의 목조구조물에 대한 피해가 조금씩 알려지다가 최근에 들어서는 산림 내 고사직전의 나무와 버섯재배단지에서 버섯재배용 톱밥이나 골목에서 흰개미에 의한 피해가 알려지고 있다. 이상의 흰개미에 의한 직접적인 피해 이외에도 생태계 내에서의 흰개미에 의한 물질대사 과정 중 생성되는 질산염에 의한 지하수 오염에 따른 간접적인 피해도 보고되고 있으나, 그 정도는 미미하다 할 수 있다.

이처럼 다양한 형태로 피해를 주고있는 흰개미는 전체 흰개미 종의 5 ~ 6% 만이 주된 해충종으로 알려져 있으며, 이들 흰개미의 효과적인 방제 및 예방을 위해 흰개미에 대한 분류학적, 생태학적 연구의 뒷받침이 필요하다. 이에 따라, 외국의 경우 오랜 기간동안 흰개미에 대한 다방면의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 연구 결과에 따라 흰개미에 의한 피해를 줄이고자 매년 막대한 예산을 사용하여 방제 및 예방에 전력을 쏟고 있으나, 대부분 피해를 주고 있는 흰개미 종들은 지하에 Colony를 형성하는 Subterranean 종이라 이들의 방제에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 국내의 경우에는 흰개미에 대한 연구가 전혀 이루어지지 않고 있으며, 심지어 분류 및 생태학적 연구조차 전무한 실정에 있어 흰개미에 의한 심각한 문제가 야기되기 전에 기초 연구가 절실하다 하겠다. 현재 국내에서 기록된 흰개미는 1917년 일본 학자에 의해 보고된 *Reticulitermes speratus* Kolbe 한 종만이 보고되어져 있으나, 본 연구자에 의해 경상남도 전 지역에 걸쳐 흰개미를 채집하여 관찰한 결과 형태학적으로 1종 이상의 미기록종이 서식하고 있는 것으로 확인하였으며, 이를 분류하고자 동정하고 있는 중에 있다. 환경조건이 우리 나

라와 유사한 가까운 일본의 경우 이미 23개 종에 달하는 흰개미가 동정되어 분류되어 있으며, 이들 흰개미에 대한 생태학적, 생리학적 연구가 확립되어 있다.

지금까지 외국에서 보고된 흰개미에 대한 여러 연구 결과들을 종합하여 흰개미에 의한 피해를 사전에 예방하고, 그 피해정도를 파악하여 근본적인 방제대책 마련에 도움을 주고자 흰개미에 의한 수확활동 중 흰개미의 존재여부를 판정할 수 있는 몇 가지 특성에 대해 설명할까 한다. 흰개미에 의한 피해 유무 및 피해부위를 흰개미의 활동의 결과 생긴 구조물로서 찾아낼 수 있는데, 흰개미의 존재 유무를 가장 쉽게 파악할 수 있는 경우는 지상부에서 흰개미의 이동통로 (Shelter tubes)가 관찰되는 경우이다 (Fig. 7). 흰개미에 의해 흙으로 만들어진 Shelter tubes는 지표면과 연결된 기둥이나 기타 구조물에서 발견되고 있으며, 개미집에서부터 지하부에 형성된 Subterranean tunnel에서 흰개미의 목표가 되는 건축물 내부의 목조구조물까지의 흰개미의 이동 통로로 사용되고, 이동 중 외부 천적으로부터 보호하기 위해 만들어진다. 이 Shelter tubes는 주로 천적의 눈에 잘 띄지 않는 습도가 높은 밤에 만들어진다. 또 다른 구조물로서 땅속 내부의 지하갱도 (Subterranean tunnel)를 들 수 있는데 (Fig. 7), 이 Subterranean tunnel은 개미집에서 시작하여 먹이를 찾기 위해 만들어 놓는다. 호주에서 서식하고 있는 흰개미 중 주요해충으로 간주되고 있는 *Coptotermes*

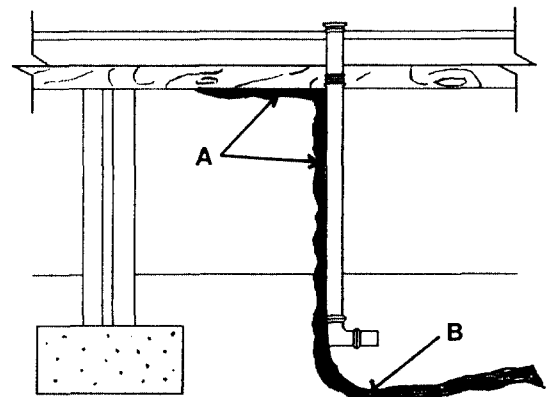


Fig. 7. Termites gaining access from soil over foundation walls. A : Shelter tubes, B : Subterranean tunnels.

*acinaciformis*의 경우 이 지하갱도의 길이가 개미 집을 중심으로 반경 50m에 달하는 것으로 보고되었다. 이외에도 가옥내 목조구조물 내부에서의 흰개미에 의한 소음이나 짝짓기시기에 생식형개미의 처녀비행을 위한 출구 (Flight tubes), 흰개미에 의해 피해를 입은 목재표면의 습도차이에 의한 이슬맺힘 현상 등에 의해 존재 유무를 판정할 수 있으나, 전문가가 아니고선 위에서 언급한 이상현상에 의해 흰개미의 존재 유무를 파악하기란 어려운 실정이다.

일반인이 가장 쉽게 흰개미의 존재 유무를 파악할 수 있는 방법은 흰개미의 지상부 이동 통로를 찾거나 봄이나 가을동안 흰개미의 짝짓기시기에 볼 수 있는 생식형개미를 찾는 것이다. 그러나, 이상에서 언급한 방법으로 흰개미의 존재가 확인되면 이미 흰개미에 의해 피해가 어느 정도 진척된 이후이기 때문에 흰개미의 침입을 미리 예방하는 것이 무엇보다도 중요하다 하겠다. 흰개미의 피해를 예방하기 위한 여러 방면의 연구가 진행되어 오고 있고 상당부분 효과를 보고 있는 외국의 사례를 살펴보면, 예전에는 잔류성이 강한 살충제를 흰개미가 서식하고 있는 장소나 침입이 예상되는 부위에 살포하였으나, 살충제에 의한 살충효과가 그렇게 크지 못할 뿐만 아니라 토양오염이나 인축에 대한 유해성으로 인해 최근 들어서는 특수하게 제작된 철제구조물 이나 고안폼 (Fig. 8)을 이용하여 흰개미의 피해를 줄이고 있다.

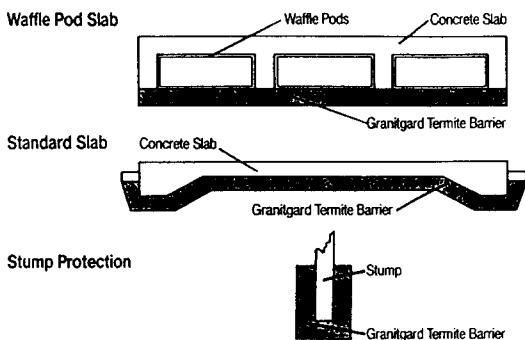


Fig. 8. Termite barriers prevent termite access on ground construction (Waffle pod slab, Standard slab, Stump protection).

간략하나마 국내에서는 생소한 곤충으로 여겨지는 흰개미에 대하여 소개는 하였으나, 전반적으

로 미흡한 부분이 없지 않아 있으리라 생각되며 앞으로 흰개미에 대한 좀더 많은 연구가 절실하다고 하겠다. 특히, 국내에서는 아직까지 큰 문제를 야기시키고 있지는 않지만, 지역에 따라 흰개미에 의한 피해가 보고되고 있으므로, 이의 효과적인 방제를 위해서는 흰개미의 분류체계 확립과 생태학적 연구가 시급하다 하겠다. 아울러, 선진 외국에서는 폐지처리나 창자내 공생미생물을 이용한 폐수처리 등의 여러 방면에서 흰개미를 이용하는 연구가 진행되고 있어 국내에서도 이에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

인 용 문 헌

- Abe, T. 1982. Ecological role of termites in a tropical rain forest. In: M. D. Breed, C. D. Michener and H. E. Evans, (eds.). The biology of social insects, Proceedings of the 9th Congress of the International Union for the Study of Social Insects, Boulder, Colorado. Westview Press, Boulder, Colorado. pp. 71~75.
- Arshad, M. A. 1981. Physical and chemical properties of termite mounds of two species of *Macrotermes* (Isoptera, Termitidae) and the surrounding soils of the semi-arid savanna of Kenya. *Soil Science*. 132 : 161~174.
- Arshad, M. A. 1982. Influence of the termite *Macrotermes michaelseni* (Sjöst) on soil fertility and vegetation in a semi-arid savanna ecosystem. *Agro-ecosystems*, 8 : 47~58.
- Bouillon, A. 1970. Termites of the Ethiopian region. In: K. Krishna and F. M. Weesner, (eds.). *Biology of termites*. Academic Press, New York and London. pp. 153~280.
- Darlington, J. P. E. G. 1990. Populations in nests of termites *Macrotermes subhyalinus* in Kenya. *Insectes Sociaux*, 38 : 251~262.
- Ezenwa, M. I. S. 1985. Comparative study of some chemical characteristics of mound materials and surrounding soils of different habitats of two species in Nigerian savanna.

- Geo-Eco-Trop. 9 : 29~38.
- Froggatt, W. W. 1898. Australian Termitidae. Part III. Proceedings of the Linnaean Society of New South Wales. 22 : 721~758.
- Hardington, P. 1987. Termites and other common timber pests. New South Wales University Press. Australia. 126.
- Hegh, E. 1922. Les termites. Imprimerie Industrielle et Financiere, Brussels.
- Hill, G. F. 1921. The white ant pest in Northern Australia. Bulletin Advisory Council Science and Industry, Melbourne. 21 : 1~26.
- Johnson, K. A. and Whitford, W. G. 1975. Foraging ecology and relative importance of subterranean termites in Chihuahuan desert ecosystem. Environmental Entomology. 4 : 66~70.
- Kemp, P. B. 1955. The termites of north-eastern Tanganyika : their distribution and biology. Bulletin of entomological research. 46 : 113~135.
- Lee, K. E. and Wood, T. G. 1971. Termites and soils. Academic Press, New York and London.
- MacGregor, W. D. 1950. Termites, soil and vegetation. Forest Abstract. 12 : 3~8.
- Matsumoto, T. and Abe, T. 1979. The role of termites in adequatorial rain forest ecosystem of West Malaysia. II. Leaf litter consumption on the forest floor. Oecologia. 38 : 261~274.
- Milne, G. 1947. A soil reconnaissance journey through parts of Tanganyika Territory, December 1935 to February 1936. J. of Ecology. 35 : 192~265.
- Okwakol, M. J. N. 1987. Effects of *Cubitermes testaceus* (Williams) on some physical and chemical properties of soil in a grassland area of Uganda. African J. of Ecology. 25 : 147~153.
- Park, H. C. 1993. The role of the wheatbelt termite, *Drepanotermes tamminensis* (Hill), in nutrient cycling within native woodland and shrubland of the Western Australian wheatbelt. Ph. D. Thesis, Curtin Univ., Perth. 242.
- Park, H. C., Majer J. D., Hobbs, R. J. and Bae, T. U. 1993. Harvesting rate of the termite, *Drepanotermes tamminensis* (Hill) within native woodland and shrubland of the Western Australian wheatbelt. Ecological Research. 8 : 269~275.
- Park, H. C., Majer J. D. and Hobbs, R. J. 1994a, Influence of vegetation and soil types on the wheatbelt termite, *Drepanotermes tamminensis* (Hill), in the Western Australian wheatbelt. Ecological Research, 9 : 151~158.
- Park, H. C., Majer J. D. and Hobbs, R. J. 1994b, Contribution of the Western Australian wheatbelt termite, *Drepanotermes tamminensis* (Hill), to the soil nutrient budget. Ecological Research, 9 : 351~356.
- Park, H. C., Orsini J. P. G., Majer J. D. and Hobbs, R. J. 1996, A model of litter harvesting by the Western Australian wheatbelt termite, *Drepanotermes tamminensis* (Hill), with particular reference to nutrient dynamics. Ecological Research, 11 : 69~78.
- Pomeroy, D. E. 1976. Some effects of mound-building termites on soils in Uganda. J. of Soil Science, 27 : 377~394.
- Sands, W. A. 1961. Foraging behaviour and feeding habits in five species of *Trinervitermes* in West Africa. Entomologia Experimentalis et Applicata, 4 : 277~288.
- Sands, W. A. 1965. Termite distribution in man-modified habitats in West Africa, with special reference to species segregation in the genus *Trinervitermes* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). J. of Animal Ecology, 34 : 557~571.
- Schaefer, D. A. and Whitford, W. G. 1981. Nutrient cycling by the subterranean termite, *Gnathamitermes tubiformans* in a Chihuahuan Desert Ecosystem. Oecologia, 48 : 277~283.
- Silva, S. I., Mackay, W. P. and Whitford, W. G. 1985. The relative contribution of termites and micro-arthropods to fluff grass litter

- disappearance in the Chihuahuan Desert, *Oecologia*, 67 : 31~34.
- Watson, J. P. 1977, The use of mounds of the termite *Macrotermes falciger* (Gerstaecker) as a soil amendment, *J. of Soil Science*, 28 : 664~672.
- Watson, J. A. L. and F. J. Gay. 1991. Isoptera(Termite) *In* Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization(eds.), *The insects of Australia*(Vol. I). Melbourne University Press, Carlton, pp. 330~347.
- Wood, T. G. and W. A. Sands. 1978. The role of termites in ecosystems. *In* M. V. Brian (ed.), *Production ecology of ants and termites*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 245~292.